

FORMULASI NANOEMULSI OLEORESIN JAHE MERAH BERBASIS LESITIN DAN STABILITASNYA SELAMA PENYIMPANAN

Abdi Redha¹⁾, DUM. Susilo²⁾

^{1) 2)} Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak
email : abdiredha@gmail.com

Abstract

Emulsifier selection is one of the most critical aspects in the formation of nanoemulsion to facilitate emulsification and encourage the formation of physical stability. This research was conducted to determine the stability of red ginger oleoresin nanoemulsion during four-week storage and obtain its stable formulation using lecithin as a natural surfactant. The final formulation of nanoemulsion was made using a combination of 2 types of food emulsifiers namely lecithin and Tween 80. This study showed the ratio of lecithin-tween 80, water proportion, type of vegetable oil, and emulsifier concentration significantly influences the stability of nanoemulsion. The best formulation of nanoemulsion has the lowest particle diameter of 198.5 nm.

Keywords: nanoemulsions, red ginger oleoresin, lecithin

1. PENDAHULUAN

Salah satu sistem pembawa agensia aktif adalah nanoemulsi. Nanoemulsi merupakan suatu sistem emulsi (campuran dari fase minyak, air dan emulsifier) dengan droplet berdiameter < 200 nanometer (Solans *dkk.*, 2005), memiliki kejernihan optis yang tinggi, stabilitas kinetik yang baik, dan bioavailabilitas oral yang tinggi pula (Bouchemal *dkk.*, 2004; McClements, 2011; Sonnevile-Aubrun *dkk.*, 2004). Pada pembuatan nanoemulsi dengan metode emulsifikasi energi rendah (*low energy emulsification*), keberadaan emulsifier menjadi sangat esensial karena emulsifier memiliki 2 (dua) peran kunci yaitu (1) memfasilitasi terjadinya emulsifikasi dan (2) mendorong terbentuknya stabilitas fisik (Krstonošić *dkk.*, 2009) dengan cara mengadsorpsi pada antar muka minyak-air, menurunkan tegangan antar muka dan meningkatkan ketahanan droplet terhadap agregasi (Bai *dkk.*, 2016).

Selain itu, jenis emulsifier berpengaruh terhadap stabilitas oksidatif nanoemulsi (Arancibia *dkk.*, 2017). Berbagai jenis emulsifier telah digunakan oleh industri pangan seperti protein, polisakarida, fosfolipid, dan sintetis (Kralova dan Sjöblom, 2009). Emulsifier sintetis

sering diaplikasikan karena efektivitasnya yang tinggi (McClements, 2015; Raikos *dkk.*, 2016). Tween 80 (polioksietilen 20 sorbitan monooleat) merupakan emulsifier sintetis yang banyak digunakan, terutama pada pembuatan sistem emulsi minyak dalam air dan memiliki toksisitas paling rendah dibandingkan dengan emulsifier sintetis yang lain. Walaupun demikian Tween 80 hanya dapat dikonsumsi dengan nilai ADI (*Acceptable Daily Intake*) yang sangat terbatas yaitu 25 mg/kg berat badan (McClements, 2015).

Saat ini, preferensi konsumen yang kuat terhadap perubahan produk pangan yang lebih alami dengan konsep ingredien ramah lingkungan telah mendorong banyak peneliti untuk melakukan studi bahan alam alternatif pada formulasi produk baru berbasis emulsi. Lesitin merupakan agensia emulsifikasi alami yang paling banyak digunakan oleh industri pangan (Klang dan Valenta, 2011), larut dalam air dan dengan mudah terdispersi membentuk suspensi koloidal serta mampu meningkatkan stabilitas emulsi minyak dalam air karena mengandung gugus hidrofilik dan hidrofobik yang mudah terorientasi pada antar muka minyak-air (Mezdour *dkk.*, 2011). Ozturk *dkk.*

(2014) menunjukkan droplet vitamin E yang dilapisi oleh lesitin stabil terhadap agregasi pada suhu tinggi. Bai *dkk.* (2016) membuat nanoemulsi minyak dalam air menggunakan berbagai emulsifier alami (protein gandum, gum arab, saponin quillaja dan lesitin kacang kedelai), dan didapatkan bahwa nanoemulsi mampu dihasilkan dari berbagai emulsifier tersebut serta diameter droplet menurun dengan meningkatnya konsentrasi emulsifier. Redha *dkk.* (2018, 2019) telah mendapatkan sistem nanoemulsi stabil yang mengandung oleoresin jahe merah, namun masih mengandalkan secara penuh kinerja Tween 80 sebagai agensia emulsifikasi. Dalam penelitian ini, pemilihan lesitin sebagai emulsifier bertujuan untuk menggantikan/mensubstitusi peran emulsifier sintetis sehingga aplikasi nanoemulsi pada produk pangan lebih dapat diterima baik secara fungsionalitas maupun keamanannya.

2. METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Ekstraksi oleoresin dari rimpang jahe merah serta pembuatan nanoemulsi dan pengujian stabilitasnya dilakukan di laboratorium Kimia Politeknik Negeri Pontianak. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, dimulai dari bulan Agustus hingga Desember 2019.

Sampel dan Objek Penelitian

Oleoresin jahe merah didapatkan melalui proses ekstraksi (Gambar 1). Nanoemulsi dihasilkan dari berbagai formulasi oleoresin jahe merah, minyak nabati, Tween 80, lesitin, dan akuades (Gambar 2).

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan tiap perlakuan terdiri masing-masing 3 (tiga) ulangan dan selanjutnya dilakukan uji beda rerata dengan LSD (*Least Significant Different*). Formulasi akhir nanoemulsi terbaik didapatkan melalui analisis data hasil formulasi secara OFAT (*One Factor At a Time*) yaitu hasil formulasi terbaik dari tahapan sebelumnya diaplikasikan pada tahap formulasi berikutnya. Analisis data menggunakan bantuan *software Design Expert Version 11* (Stat-Ease Inc., 2018).

Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan adalah rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*)

berumur panen 8 bulan, minyak nabati terdiri dari *Virgin Coconut Oil* (VCO), *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), dan *Virgin Olive Oil* (VOO), serta Tween 80, lesitin dan akuades.

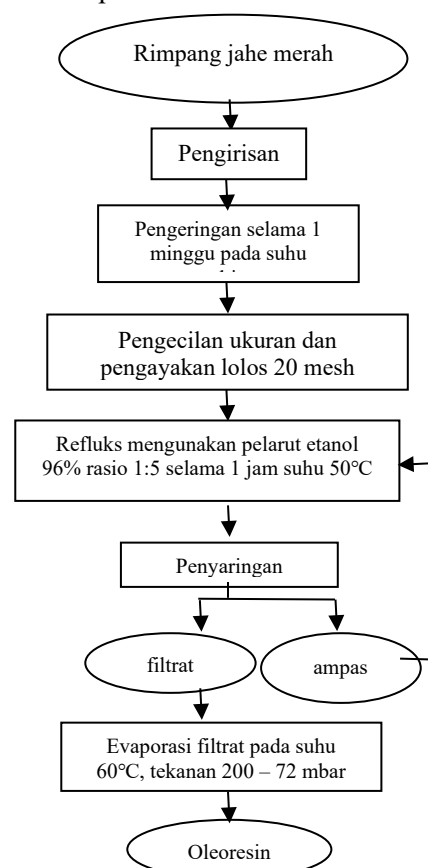
Alat

Peralatan yang digunakan dalam ekstraksi oleoresin, pembuatan serbuk nanoemulsi dan analisisnya adalah PSA (*Particle Size Analyzer*), spektrofotometer UV-Vis, *vacuum rotary evaporator*, *hot plate* dan *homogenizer*.

Pelaksanaan Penelitian

Ekstraksi Oleoresin Jahe Merah

Ekstraksi menggunakan metode Redha *dkk.* (2020) yang telah dimodifikasi. Ekstraksi dilakukan dengan rasio bahan : pelarut = 1:5 (b/v) sebanyak 3 kali proses ekstraksi sehingga rasio bahan:pelarut total yang digunakan menjadi 1:15 (b/v). Pada ekstraksi pertama menggunakan bubuk jahe seberat 75 gram. Berikut adalah diagram alir proses ekstraksi untuk mendapatkan oleoresin :

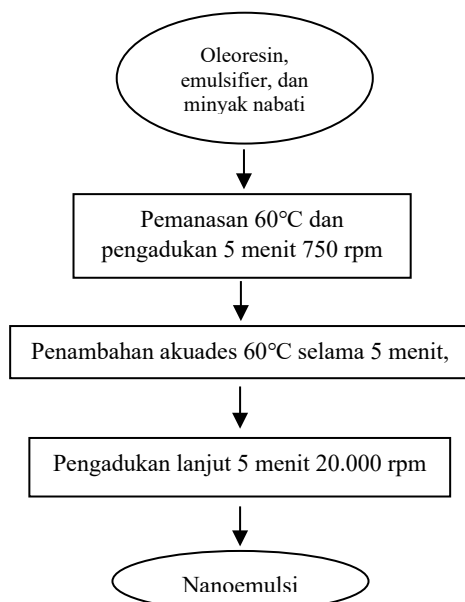


Gambar 1. Diagram Alir Proses Ekstraksi Jahe Merah Menjadi Oleoresin

Pembuatan dan Formulasi Nanoemulsi

Pembuatan nanoemulsi menggunakan metode emulsifikasi EIP (*Emulsion Phase Inversion*) (Ostertag *dkk.* 2012) yang telah dimodifikasi, yaitu dengan cara menambahkan fase air (akuades) tetes per tetes yang ditempatkan pada buret ke dalam fase minyak menggunakan *homogenizer*. Fase minyak terdiri dari emulsifier, minyak nabati dan oleoresin.

Formulasi dilakukan secara berurutan dengan tahapan pembuatan nanoemulsi pada berbagai: (1) rasio lesitin dan Tween 80, dengan menggunakan VCO, rasio emulsifier-minyak dan proporsi air sebesar 10:1 dan 75%, (2) proporsi air dengan menggunakan VCO, rasio lesitin dan Tween 80 terpilih dari tahap (1) dan rasio emulsifier-minyak sebesar 10:1; (3) jenis minyak nabati dengan menggunakan rasio lesitin-Tween 80 terpilih dari tahap (1); proporsi air terpilih dari tahap (2), dan rasio emulsifier-minyak sebesar 10:1; (4) rasio emulsifier-minyak dengan menggunakan rasio lesitin-Tween 80 terpilih dari tahap (1), proporsi air terpilih dari tahap (2), dan jenis minyak terpilih dari tahap (3). Pada setiap tahap, digunakan oleoresin dengan konsentrasi 7500 ppm dari berat total nanoemulsi. Adapun diagram alir proses pembuatan nanoemulsi secara umum dapat dilihat pada gambar 2 :



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Nanoemulsi

Pengamatan Organoleptis, Rendemen Oleoresin, Turbiditas, Transmittansi, dan Diameter Partikel Nanoemulsi

Rendemen oleoresin merupakan hasil pembagian dari berat ekstrak oleoresin yang didapat dengan berat bubuk rimpang jahe merah dan dinyatakan dalam persen.

Pengukuran turbiditas (tingkat kekeruhan) nanoemulsi dilakukan secara organoleptis dan instrumental. Secara instrumental menggunakan metode yang dilakukan oleh Fletcher dan Morris (1999), yaitu dengan cara mengukur absorbansi sampel pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 502 nm menggunakan kuvet dengan lebar 1 cm. Nilai turbiditas dihitung dengan rumus:

$$\text{Turbiditas (\%)} = \frac{\text{absorbansi } 502 \text{ nm} \times 2.303}{\text{lebar kuvet (cm)}}$$

Transmittansi diuji dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 650 nm dengan blanko akuades.

Diameter rata-rata (d_{32}) partikel/droplet nanoemulsi diukur dengan menggunakan instrumen PSA (Komaiko dan McClements, 2015). Sebelumnya sampel dilarutkan dalam buffer untuk menghindari terjadinya efek *scattering* berganda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Oleoresin

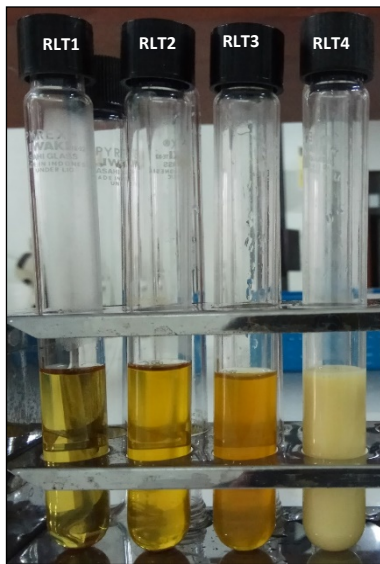
Rerata rendemen oleoresin jahe merah sebesar 15,59%(Tabel 1) dinilai cukup baik untuk ekstraksi dengan menggunakan pelarut. Ekstraksi yang dilakukan selama tiga kali secara berulang dan pemisahan pelarut dengan dengan penurunan tekanan secara bertahap dari 200 mm bar hingga 72 mbar mampu membebaskan komponen oleoresin dari bahan dan pelarut etanol secara maksimal. Penelitian sebelumnya menunjukkan maserasi bubuk jahe merah dengan etanol pada suhu ruang hanya menghasilkan oleoresin sebesar 11,35 % (Fathonah, 2011), dan evaporasi filtrat dalam kondisi tekanan atmosfer konstan 200 mbar sudah mampu menghasilkan rendemen oleoresin jahe merah sebesar 15,31% (Redha *dkk.*, 2019). Proses ekstraksi untuk mendapatkan oleoresin jahe merupakan tahapan yang penting. Kesempurnaan proses tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran bahan baku, pemilihan pelarut, waktu dan suhu ekstraksi dan lain-lain. Ukuran bahan, jenis pelarut, lama dan suhu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap rendemen oleoresin jahe (Anam, 2010).

Tabel 1. Rendemen Oleoresin (%)

Ulangan	Rendemen (%)
1	15,95
2	15,65
3	15,19
Rerata	15,59

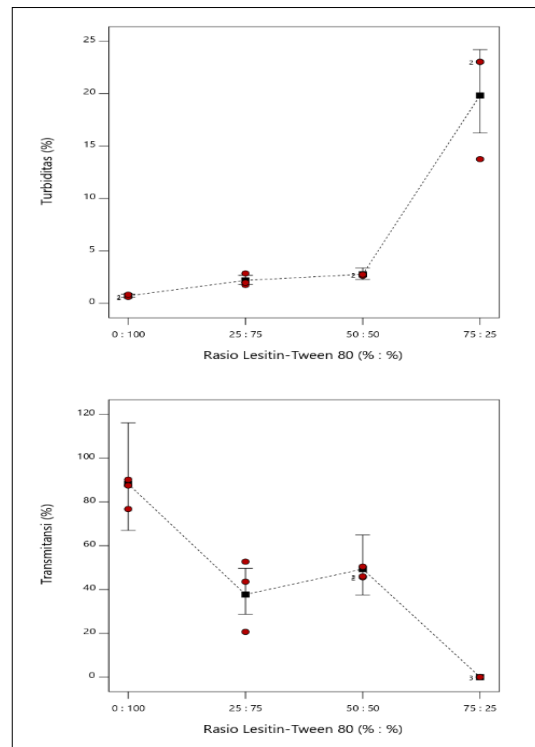
Turbiditas dan Transmittansi Emulsi pada Berbagai Rasio Lesitin-Tween 80

Berdasarkan pengamatan organoleptis tampak bahwa dengan semakin tinggi rasio lesitin-Tween 80 menyebabkan kekeruhan emulsi meningkat (Gambar 3).



Gambar 3. Nanoemulsi oleoresin jahe pada berbagai Rasio Lesitin-Tween 80 (RLT). Keterangan : RLT1: 0:100, RLT2: 25:75, RLT3: 50:50, RLT4: 75:25

Selanjutnya untuk mengetahui stabilitas nanoemulsi, dilakukan pengujian turbiditas dan transmittansi setelah 1 jam proses emulsifikasi (Gambar 4).

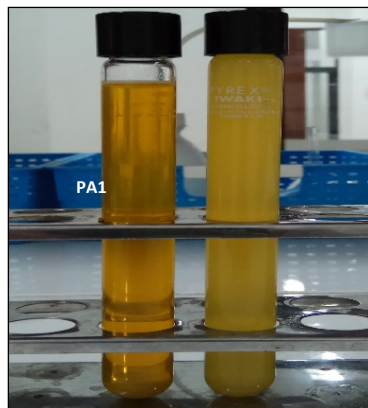


Gambar 4. Turbiditas dan Transmittansi Emulsi pada Berbagai Rasio Lesitin-Tween 80 (LSD pada taraf $\alpha = 5\%$)

Semakin tinggi komposisi lesitin secara signifikan berakibat pada peningkatan turbiditas dan serta merta menurunkan transmittansi emulsi (Gambar 4). Walaupun demikian, turbiditas dan transmittansi emulsi yang terbentuk pada rasio lesitin-Tween 80 sebesar 25:75 dan 50:50 saling tidak berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi nanoemulsi pada rasio lesitin-Tween 80 sebesar 50:50 (50% lesitin dan 50% Tween 80) perlu dilakukan optimasi lebih lanjut untuk mendapatkan stabilitas nanoemulsi yang lebih baik dan sebaliknya penggunaan surfaktan dengan 100% Tween 80 tidak perlu dioptimasi walaupun menunjukkan performa stabilitas terbaik karena penelitian ini lebih diarahkan ke pemanfaatan emulsifier alami seperti lesitin untuk menggantikan peran surfaktan sintetis seperti Tween.

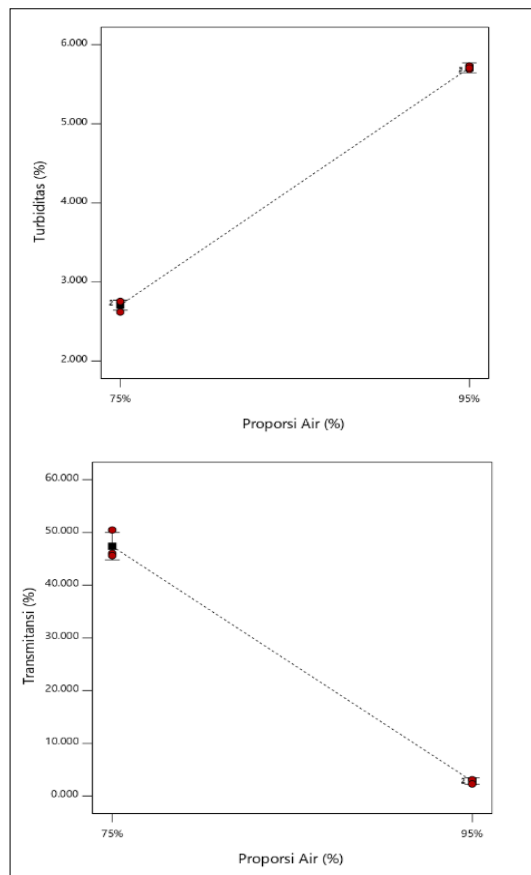
Turbiditas dan Transmittansi Emulsi pada Berbagai Proporsi Air

Semakin tingginya proporsi air yang digunakan dalam pembuatan nanoemulsi menyebabkan kekeruhan emulsi meningkat (Gambar 5).



Gambar 5. Nanoemulsi oleoresin jahe pada berbagai Proporsi Air (PA) Keterangan : PA1: 75%, PA2 : 95%

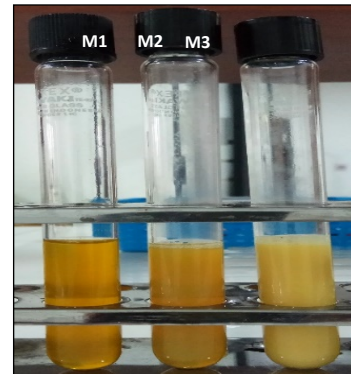
Peningkatan proporsi air dalam emulsi dari 75% menjadi 95% menyebabkan peningkatan turbiditas dan sekaligus penurunan transmitansi (Gambar 6). Berdasarkan hasil uji yang didapat pada tahap formulasi ini, optimasi formula nanoemulsi selanjutnya akan menggunakan komposisi rasio lesitin-Tween 80 sebesar 50:50 dan proporsi air 75% dari total berat emulsi.



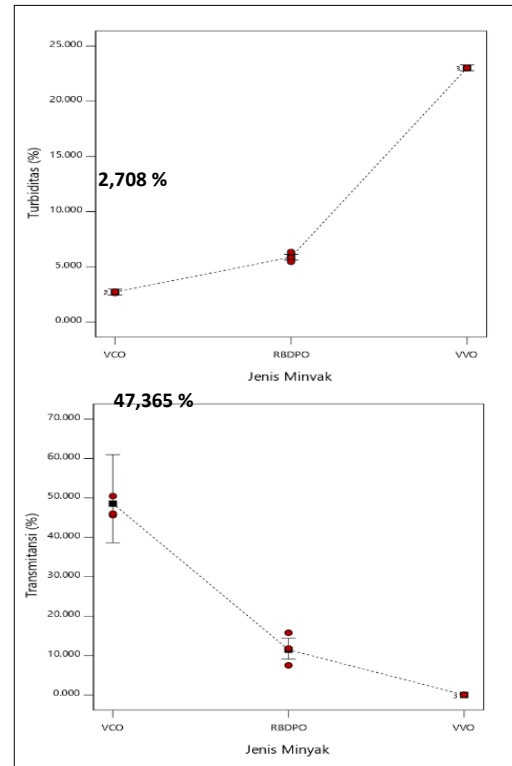
Gambar 6. Turbiditas dan Transmitansi Emulsi pada Berbagai Proporsi Air (LSD pada taraf $\alpha = 5\%$)

Turbiditas dan Transmitansi Emulsi pada Berbagai Jenis Minyak Nabati

Pengamatan organoleptis menunjukkan bahwa dengan penggunaan jenis minyak nabati yang didominasi trigliserida rantai panjang (RBDPO dan VOO) menghasilkan tingkat kekeruhan emulsi yang lebih tinggi dibandingkan trigliserida berantai medium (VCO) (Gambar 7).



Gambar 7. Nanoemulsi oleoresin pada berbagai jenis minyak nabati (M). Keterangan : M1: Virgin Coconut Oil (VCO), M2: Refined Bleached Deodorized Palm Olein (RBDPO), M3: Virgin Olive Oil (VVO)

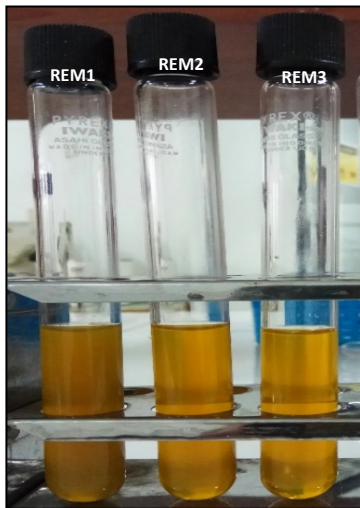


Gambar 8. Turbiditas dan Transmitansi Emulsi pada Berbagai Jenis Minyak Nabati (LSD pada taraf $\alpha = 5\%$)

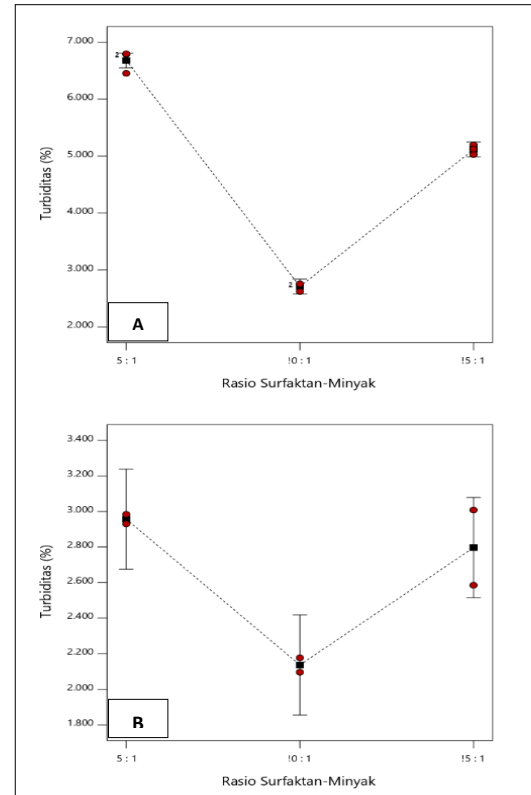
Turbiditas dan transmitansi terbaik didapatkan dari campuran nanoemulsi menggunakan VCO yaitu 2,708% dan 47,365% berturut-turut (Gambar 8). Hasil ini merekomendasikan bahwa uji optimasi lanjutan dapat menggunakan formulasi nanoemulsi pada komposisi rasio lesitin-Tween 80 sebesar 50:50, proporsi air 75% dari total berat emulsi, dan jenis minyak yang digunakan adalah VCO.

Turbiditas dan Diameter Partikel pada Berbagai Rasio Surfaktan-Minyak

Berdasarkan pengamatan organoleptis tampak bahwa tingkat kekeruhan emulsi yang didapat dengan rasio emulsifier-minyak sebesar 10:1 dan 15:1 pada pengamatan 1 jam setelah emulsifikasi tidak berbeda jauh dan kekeruhan tertinggi terdapat pada nanoemulsi dengan penggunaan rasio emulsifier-minyak terkecil yaitu 5:1 (Gambar 9).



Gambar 9. Nanoemulsi oleoresin jahe pada berbagai Rasio Emulsifier-Minyak (REM). Keterangan : REM1:5:1, REM2:10:1, REM3:15:1

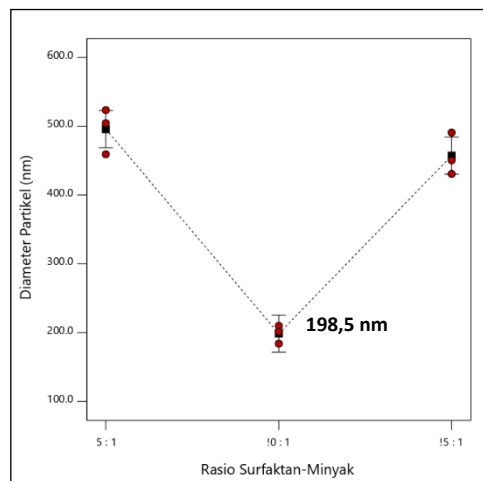


Gambar 10. Turbiditas Emulsi pada Berbagai Rasio Surfaktan-Minyak dengan Pengamatan (A) satu jam setelah emulsifikasi dan (B) 4 minggu setelah emulsifikasi. (LSD pada taraf $\alpha = 5\%$)

Peningkatan rasio konsentrasi surfaktan (emulsifier) pada emulsi berpengaruh nyata terhadap perubahan turbiditas, walaupun terjadi peningkatan turbiditas pada nanoemulsi dengan penyimpanan 4 minggu (Gambar 10). Stabilitas terbaik didapatkan pada formulasi nanoemulsi dengan menggunakan rasio surfaktan-minyak sebesar 10:1 bahkan hingga emulsi telah disimpan selama 4 minggu. Sebaliknya rasio surfaktan-minyak yang terlalu tinggi justru menyebabkan sistem emulsi mengalami peningkatan turbiditas. Hal ini diperkuat dengan hasil pengujian diameter partikel emulsi yang menunjukkan diameter partikel terkecil terdapat pada nanoemulsi dengan rasio surfaktan-minyak sebesar 10 : 1 yaitu dengan rerata 198,5 nm (Gambar 11).

Beberapa studi sebelumnya mendapatkan bahwa peningkatan konsentrasi surfaktan menyebabkan penurunan ukuran partikel pada nanoemulsi yang dibuat dengan metode EPI (*Emulsion Phase Inversion*) (Ostertag *dkk.*, 2012; Li *dkk.*, 2015; Mayer *dkk.*, 2013). Peningkatan konsentrasi surfaktan berakibat

pada meningkatnya area antar-muka dan sekaligus menurunkan tegangan permukaan. Walaupun demikian, peningkatan jumlah surfaktan tidak selalu menghasilkan pembentukan partikel dengan diameter yang lebih kecil (Bilbao-Sainz *dkk.*, 2010). Peningkatan ukuran partikel pada konsentrasi surfaktan yang tinggi tampaknya terkait dengan terjadinya pertumbuhan partikel (droplet) karena adanya “Pematangan Ostwald” (*Ostwald ripening*). Konsentrasi surfaktan yang tinggi mendorong terjadinya perpindahan minyak diantara partikel dan menyebabkan partikel tumbuh menjadi lebih besar dengan mengorbankan partikel yang ukurannya lebih kecil.



Gambar 11. Diameter Partikel Emulsi pada Berbagai Rasio Surfaktan-Minyak (LSD pada taraf $\alpha = 5\%$)

4. KESIMPULAN

Rasio lesitin-Tween 80, proporsi air, jenis minyak nabati, dan konsentrasi emulsifier (surfaktan) berpengaruh signifikan terhadap stabilitas emulsi. Stabilitas nanoemulsi terbaik hingga penyimpanan 4 minggu didapatkan dari formulasi dengan komposisi rasio lesitin-Tween 80 sebesar 50:50, proporsi air 75% dari total berat nanoemulsi dan rasio total emulsifier-VCO sebesar 10:1 serta memiliki diameter partikel terkecil dibandingkan dengan formulasi lainnya yaitu sebesar 198,5 nm. Dengan demikian, produk tersebut dapat dinyatakan sebagai sebuah sistem nanoemulsi yang stabil karena memiliki diameter partikel (droplet) < 200 nm (Solans *dkk.*, 2005), dan memiliki kenampakan jernih

dengan turbiditas yang sangat rendah (McClements, 2011).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada program studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Politeknik Negeri Pontianak atas bantuan dana penelitian melalui dana DIPA No. SP DIPA-042.01.2.401007/2019.

6. REFERENSI

- Anam, C., 2010. Ekstraksi Oleoresin Jahe (*Zingiber officinale*) Kajian Dari Ukuran Bahan, Pelarut, Waktu dan Suhu, Jurnal Pertanian MAPETA, Vol. XII. No. 2 : 72 – 144
- Arancibia, C., Navarro-Lisboa, R., Zúñiga, R. N., Matiacevich, S, 2016. Application of CMC as Thickener on Nanoemulsions Based on Olive Oil: Physical Properties and Stability. International Journal of Polymer Science, doi.org/10.1155/2016/6280581.
- Bai, L., Huan, S., Gu, J., & McClements, D. J., 2016. Fabrication of oil-in-water nanoemulsions by dual-channel microfluidization using natural emulsifiers: Saponins, phospholipids, proteins, and polysaccharides. Food Hydrocolloids, 61(1), 703-711.
- Bilbao-Sainz C, Avena-Bustillos RJ, Wood DF, Williams TG, McHugh TH. 2010. Nanoemulsions prepared by a low-energy emulsification method applied to edible films. J Agric Food Chem 58:11932–38.
- Bouchemal K., Briancon S., Perrier E., Fessi H, 2004. Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent oil and surfactant optimisation. - Int. J. Pharm., 280 (1-2), 241-251.
- Fathonah, D. 2011. Kandungan gingerol dan shogaol, intensitas kepedasan dan penerimaan panelis terhadap oleoresin jahe gajah (*Zingiber officinale* var. Roscoe), jahe emprit (*Zingiber officinale* var. Amarum), dan jahe merah (*Zingiber Officinale* var. ahRubrum). Skripsi. Institut Pertanian Bogor
- Fletcher, P.D.I. dan Morris, J.S. 1995. Turbidity of oil-in-water microemulsion droplets stabilized by nonionic surfactants. Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects 98:147–54.

- Klang, V. dan Valenta, C., 2011. Lecithin-based nanoemulsions. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 21(1), 55-76.
- Komaiko J. dan McClements DJ, 2015. Low-energy formation of edible nanoemulsions by spontaneous emulsification: Factors influencing particle size. *Journal of Food Engineering* 146: 122–128.
- Kralova, I., dan Sjöblom, J., 2009. Surfactants used in food industry: a review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 30(9), 1363-1383.
- Krstonošić, V., Dokić, L., Dokić, P. Dapčević, T., 2009. Effects of xanthan gum on physicochemical properties and stability of corn oil-in-water emulsions stabilized by polyoxyethylene sorbitan monooleate. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2212-2218.
- Li Y, Teng Z, Chen P, Song Y, Luo Y, Wang Q. 2015. Enhancement of aqueous stability of allyl isothiocyanate using nanoemulsions prepared by an emulsion inversion point method. *J Colloid Interface Sci* 438: 130–7.
- Mayer S, Weiss J, McClements DJ. 2013. Vitamin E-enriched nanoemulsions formed by emulsion phase inversion: factors influencing droplet size and stability. *J Colloid Interface Sci* 402:122–30.
- McClements DJ. 2011. Edible nanoemulsions: fabrication, properties, and functional performance. *Soft Matter* 7:2297–316.
- McClements, D. J., 2015. *Food emulsions principles, practice and techniques*. 3rd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- Mezdour, S., Desplanques, S., Relkin, P., 2011. Effects of residual phospholipids on surface properties of a soft-refined sunflower oil: application to stabilization of sauce type emulsions. *Food Hydrocolloids*, 25(4), 613-619
- Ostertag F, Weiss J, McClements DJ. 2012. Low-energy formation of edible nanoemulsions: factors influencing droplet size produced by emulsion phase inversion. *J Colloid Interface Sci* 388:95–102.
- Ozturk, B., Argin, S., Ozilgen, M., McClements, D. J., 2014. Formation and stabilization of nanoemulsions-based vitamin E delivery systems using natural surfactants: Quillaja saponin and lecithin. *Journal of Food Engineering*, 142(1), 57- 63.
- Raikos, V., Duthie, G., Ranawana, V., 2016. Comparing the efficiency of different food-grade emulsifiers to form and stabilize orange oil-in-water beverage emulsions: influence of emulsifier concentration and storage time. *International Journal of Food Science & Technology*, doi:10.1111/ijfs.13286
- Redha, A., Saniah, dan Achmad, DI., 2018. Pemanfaatan Oleoresin Jahe Merah dalam Bentuk Serbuk Nanoemulsi Sebagai Antioksidan. *Jurnal Vokasi* 1:17-21
- Redha, A., Saniah, dan Achmad, DI., 2019. Stabilitas Nano-Edible Coating Oleoresin Jahe Merah Berbasis Kitosan Selama Penyimpanan. *Jurnal Vokasi* 2:75-79
- Redha, A., Saniah, dan Achmad, DI., 2020. Aktivitas Antiradikal DPPH Serbuk Nanoemulsi Oleoresin Jahe Merah dan Karakteristik Sensoris Minumannya. *Agrofood Jurnal Pertanian dan Pangan*. 1:1–6.
- Solans C, Izquierdo P, Nolla J, Azemar N, Garcia-Celma MJ, 2005. Nano-emulsions. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 10:102–10.